

## ارزیابی همگرایی پروتکل‌های وابسته به زمان و وابسته به مسافت در تعیین نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) در بین دختران جوان غیرفعال

معرفت سیاه کوهیان<sup>۱</sup>، شبنم عزیزان<sup>۲</sup>، عباس نقی زاده<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۱۵

### چکیده

نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) نقطه‌ی انحراف ضربان قلب از خط مستقیم در بررسی ارتباط بین بار کار و زمان تعریف می‌شود که به عنوان ملاکی برای برنامه‌ریزی شدت تمرینات هوازی مورد استفاده واقع می‌شود. هدف از اجرای تحقیق حاضر ارزیابی همگرایی پروتکل‌های وابسته به زمان و وابسته به مسافت در تعیین نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) در بین دختران جوان غیرفعال بود. بدین منظور، تعداد ۲۰ نفر از دختران غیرفعال به عنوان آزمودنی انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره، گروه پروتکل وابسته به زمان (گروه الف): سن  $19 \pm 1/02$  سال، قد  $163/11 \pm 7/14$  سانتی‌متر، وزن  $57/00 \pm 7/74$  کیلوگرم، و حداکثر اکسیژن مصرفی  $32/89 \pm 1/14$  میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه و گروه پروتکل وابسته به مسافت (گروه ب): سن  $20 \pm 1/15$  سال، قد  $162/80 \pm 7/91$  سانتی‌متر، وزن  $57/30 \pm 12/14$  کیلوگرم، و حداکثر اکسیژن مصرفی  $33/21 \pm 1/35$  میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه [جایگزین شدند. آزمودنی‌های گروه الف، پروتکل وابسته به زمان و آزمودنی‌های گروه ب، پروتکل وابسته به مسافت را با فاصله زمانی ۷۲ ساعت تکرار کردند. HRDP تعیین شده با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی به عنوان روش مبنا مورد توجه قرار گرفت. برای ثبت لحظه به لحظه منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC) از دستگاه تله متری استفاده شد. برای پردازش داده‌ها و تعیین همگرایی بین پروتکل‌ها، از مدل گرافیکی بلاند-آلتمن و روش آماری Intraclass Correlation (ICC) استفاده شد. نتایج نشان داد پروتکل وابسته به زمان با روش مبنا همگرایی ندارد ( $ICC = -0.0191$  ;  $\pm 1.96$  ;  $95\% CI = -8.9 \text{ to } +26.5 \text{ b/min}$ ). در حالی که یافته‌ها همگرایی متوسط به پایینی را بین پروتکل وابسته به مسافت و روش مبنا نشان داد ( $ICC = 0.4002$  ;  $\pm 1.96$  ;  $95\% CI = -5.1 \text{ to } +35.5 \text{ b/min}$ ). بر اساس نتایج می‌توان گفت در تعیین HRDP، پروتکل وابسته به مسافت نسبت به پروتکل وابسته به زمان، با روش مبنا همگرایی بالاتری دارد. با این حال برای تعیین HRDP با استفاده از این پروتکل باید تردید نمود.

**واژگان کلیدی:** نقطه شکست ضربان قلب، پروتکل وابسته به مسافت، پروتکل وابسته به زمان، همگرایی.

۱. دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی

۲. کارشناس ارشد دانشگاه محقق اردبیلی

۳. استادیار دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

## مقدمه

در طول تمرین نقطه‌ی انتقال از متابولیسم هوازی به بی‌هوازی به عنوان آستانه‌ی بی‌هوازی<sup>۱</sup> شناخته شده است که به عنوان شاخصی برای تشخیص آمادگی هوازی و ایجاد سطح مناسبی از شدت تمرینی استفاده می‌شود (۱). کانکانی و همکاران<sup>۲</sup> روشی ساده و غیرتهاجمی برای برآورد آستانه‌ی بی‌هوازی پیشنهاد کردند که مبتنی بر رابطه‌ی بار کار و ضربان قلب بود. زمانی که شدت تمرین از شدت هوازی به بی‌هوازی افزایش پیدا می‌کند، نقطه‌ی انحراف در رابطه‌ی ضربان قلب- بار کاری، اتفاق می‌افتد. پیشنهاد شده است که انحراف مشاهده شده از حالت خطی در ارتباط بار کاری- ضربان قلب در طول تمرین با آستانه‌ی بی‌هوازی مصادف است. این آزمون به دلیل ساده و غیرتهاجمی بودن محبوبیت زیادی پیدا کرده است (۲). در واقع، در مدل استفاده از ضربان قلب، به هنگام انجام یک فعالیت یا یک کار معین منحنی عملکرد ضربان قلب<sup>۳</sup> (HRPC) مورد توجه قرار می‌گیرد. در این منحنی نقطه‌ای وجود دارد که با افزایش بار کار، ضربان قلب افزایش نمی‌یابد و از خط راست منحرف می‌شود که تحت عنوان نقطه شکست ضربان قلب<sup>۴</sup> (HRDP) نامیده می‌شود (۳).

قابلیت HRDP برای سنجش آستانه‌ی بی‌هوازی به دلیل وجود نتایج مختلف در پیشینه‌ی تحقیق هنوز کلاً روشن نیست (۴). در این راستا، میکالیک و همکارانش<sup>۵</sup> در مطالعه‌ی خود برای دستیابی به ارتباط بین HRDP و آستانه‌ی تهویه‌ای در یک گروه نسبتاً بزرگ از مردان پاروژن تمرین کرده که آزمون پیشرونده پاروژنی تا حد واماندگی را انجام داده بودند، نشان دادند که رابطه‌ی قوی بین متغیرهای فیزیولوژیکی و HRDP وجود دارد. آنها نشان دادند که برون‌ده توانی، اکسیژن مصرفی، تهویه ریوی و حجم جاری همگرایی بالایی با HRDP داشته و تفاوت معنی‌داری بین آنها وجود ندارد (۵). به همین ترتیب، گریزی و همکارانش<sup>۶</sup> در تحقیقی با هدف تعیین همگرایی نقطه‌ی شکست  $VO_2(VO_{2def})$  با نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) و آستانه‌ی تهویه‌ای<sup>۷</sup> (VT) در دوچرخه‌سواران نشان دادند که مقادیر بار کار (WR) در نقطه‌ی شکست  $VO_2$  و در HRDP همگرایی بالایی دارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که همگرایی بین ضربان قلب- بار کار و HRDP یک وسیله‌ی غیرتهاجمی کاربردی برای تعیین آستانه‌ی

- 
1. Anaerobic Threshold
  2. Conconi et al.
  3. Heart Rate Performance Curve
  4. Heart Rate Deflection Point
  5. Mikulic et al.
  6. Grazi et al.
  7. Ventilatory Threshold

بی‌هوازی است (۶). نتایج مطالعه‌ی دبرای و کومار<sup>۱</sup> نیز در مقایسه‌ی نقطه‌ی شکست ضربان قلب و آستانه‌ی تهویه‌ای در تعیین آستانه‌ی بی‌هوازی پسران هندی، تفاوت معنی‌داری را بین میانگین  $VO_2$ ، تهویه‌ی ریوی، ضربان قلب و نسبت تغییرات تنفسی (RER) در VT و HRDP نشان نداد. آنالیز رگرسیون خطی حاکی از همبستگی ۰/۹۴ بین میزان  $VO_2$  در VT و  $VO_2$  در HRDP بود. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که HRDP در اغلب پسران پیش‌گویی کننده‌ی دقیق از VT است (۷).

با توجه به اینکه روش کانکانی با هدف برآورد آستانه‌ی با استفاده از HRDP اصلاح و تعدیل شده است، بورگویز و همکارانش<sup>۲</sup> در کار تحقیقی خود نشان دادند روش اصلاح شده‌ی کانکانی، مدل مناسب و قابل اعتمادی برای برآورد آستانه‌ی بی‌هوازی نمی‌باشد و حداقل نمی‌توان از این روش برای ارزیابی اجراهای استقامتی و تفسیر شدت تمرینات دوچرخه‌سواران استفاده کرد (۸). به همین ترتیب، چلیک و همکارانش<sup>۳</sup> نشان دادند شرایط هیپوکسی بر ارتباط بین ضربان قلب و بار کاری به روی دوچرخه‌ی کارسنج تاثیر معنی‌داری ندارد. بنا به یافته‌های این محققان در همه‌ی آزمودنی‌ها HRDP مشاهده نمی‌شود. از طرف دیگر، در آزمودنی‌هایی که HRDP مشاهده شده است، آستانه‌ی بی‌هوازی بالاتر از مقادیر واقعی برآورد شده است. از این‌رو، در مدل کانکانی، HRDP نمی‌تواند به عنوان برآوردکننده‌ی دقیقی از آستانه‌ی بی‌هوازی باشد (۹).

از طرفی باید توجه داشت که ارزیابی دقیق HRDP مستلزم محاسبات دقیق انحراف HR است. اگر چه آزمون مکرر ممکن است به تغییراتی در شیب رگرسیون ضربان قلب- بارکار، منتج شود. ولی بعضی از پژوهشگران دلیل آورده‌اند که همگرایی در نقطه‌ی شکست ضربان قلب در آزمون‌های مکرر، تفاوت زیادی ندارد (۴). تحقیقات HRDP نتایج متفاوتی از تکرارپذیری را نشان دادند. در این راستا، چلیک و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۵) در مطالعه خود با هدف ارزیابی پایایی و اعتبار آزمون اصلاح شده‌ی کانکانی روی ارگومتری پاروژنی، سه آزمون عملکردی را در سه روز مجزا از ۲۸ پاروژن به عمل آوردند. نتایج این محققان حاکی از همگرایی بالا [همبستگی درونی<sup>۵</sup> (ICC)] بین سه آزمون عملکردی بود. این مطالعه نشان داد که آزمون اصلاح شده کانکانی در تعیین AT، برای مردان پاروژن نخبه پایا و معتبر است (۹). محققان دیگر نیز تکرارپذیری HRDP را در گروه‌های همگن و ناهمگن که از پروتکل اصلاح شده کانکانی استفاده

---

1. Debray and Kumar

2. Bourgeois et al.

3. Ozchelic et al.

4. Celik et al.

5. Intraclass Correlation (ICC)

کرده بودند، نشان دادند (۱۰).

تغییر در نوع پروتکل تمرینی (تفاوت بین پروتکل‌های زمان و مسافت ثابت) در آزمون‌های آزمایشگاهی ممکن است علت وقوع پایین یا تغییرپذیری و نوسان HRDP در پیشینه باشد (۲). به عبارت دیگر، شواهد علمی در پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که احتمال دارد افزایش ضربان قلب با افزایش بار کار، به صورت خطی ادامه یافته و نقطه‌ی شکستی وجود نداشته باشد. بنابراین، برخی از محققان تردید دارند که HRDP یک پدیده‌ی فیزیولوژیک طبیعی باشد. چرا که این محققان به هنگام سنجش HRDP در ۵۰ درصد از آزمودنی‌های خود با مشکل مواجه شدند و پیشنهاد کردند که منشاء بیولوژیکی نقطه‌ی شکست (HRDP) تا حدودی شک برانگیز است. از این رو، این سؤال پیش می‌آید که علل و عوامل اصلی درگیر در این پدیده چه می‌تواند باشد. آیا نوع پروتکل مورد استفاده می‌تواند به عنوان عامل تفسیر HRDP مورد توجه قرارگیرد؟

با توجه به اینکه میزان و انحراف HRDP ابزاری قابل دسترس و شاخص مطمئن از شدت تمرین است که به آستانه‌ی بی‌هوازی مرتبط است (۴)، از نقطه نظر کاربردی می‌تواند به راحتی و آسانی برای تنظیم و برنامه‌ریزی شدت تمرینات به صورت فردی در مورد تک ورزشکاران و غیر ورزشکاران مورد استفاده قرار گیرد. به دلیل این‌که قابلیت پروتکل‌های تعیین کننده HRDP به دلیل وجود نتایج مختلف در ادبیات تحقیق، هنوز کاملاً روشن نیست (۷)، بنابراین با انجام این پژوهش می‌توان مشخص کرد که کدامیک از پروتکل‌های وابسته به زمان و وابسته به مسافت در تعیین HRDP با روش مبنا همگرایی بالایی دارد. به عبارت دیگر، با اجرای این مطالعه به این سؤالات پاسخ داده خواهد شد که اولاً آیا هر یک از پروتکل‌های وابسته به زمان و وابسته به مسافت HRDP را ایجاد می‌کنند یا نه. دوماً آیا HRDP ایجاد شده با آستانه بی‌هوازی تعیین شده توسط دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (روش مبنا) همگرایی و انطباق دارد یا نه.

## روش‌شناسی پژوهش

### آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های تحقیق حاضر تعداد ۲۰ نفر از دختران غیرفعال دانشگاه محقق اردبیلی بودند که به شکل داوطلبانه انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره گروه پروتکل وابسته به زمان (گروه الف با میانگین و انحراف معیار سنی  $19 \pm 1/02$  سال، قد  $163/11 \pm 7/14$  سانتی متر، و وزن  $57/00 \pm 7/74$  کیلوگرم) و گروه پروتکل وابسته به مسافت (گروه ب با میانگین و انحراف

معیار سنی  $20 \pm 1/15$  سال، قد  $162/80 \pm 7/91$  سانتی متر، و وزن  $57/30 \pm 12/14$  کیلوگرم) تقسیم شدند. همه‌ی آزمودنی‌ها از نظر سوابق درمانی و بیماری‌ها، مصرف دارو، مصرف سیگار و وضعیت عادات ماهانه و ... با استفاده از پرسشنامه‌ی وضعیت سلامتی مورد بررسی قرار گرفتند و همگن شدند (از مجموع ۲۳ نفر دو نفر از آزمودنی‌ها به دلیل زمان قاعدگی و یک نفر به دلیل شرکت در برنامه تمرینی دیگر از لیست نمونه‌ها حذف شدند). رژیم غذایی مورد استفاده آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه ثبت سه روزه مواد غذایی کنترل شد (۱۶). میزان فعالیت روزانه آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه استاندارد PAR-Q مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۶). با توجه به این که آزمودنی‌ها مجبور بودند در طول هفته ۹۰ دقیقه فعالیت ورزشی متوسط تا سنگین را انجام دهند (درس تربیت بدنی عمومی)، آزمودنی‌ها از شرکت در برنامه‌ی تمرینی مذکور معاف شدند. همچنین برای شرکت در اجرای پروتکل تمرینی بر روی نوارگردان فرم رضایت نامه کتبی توسط آزمودنی‌ها تکمیل و در اختیار محققان قرار گرفت. نظر به این که سن و جنس آزمودنی‌ها از جمله عوامل مؤثر در شناسایی نقطه‌ی انحراف ضربان قلب است، بر همین اساس سن و جنس آزمودنی‌ها به طور همگن انتخاب شد. مشخصات جسمانی، ترکیب بدنی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

### روش کار

به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز در مرحله‌ی اول آزمودنی‌ها فرم‌های مربوط به پرسشنامه‌ی تندرستی، پرسشنامه‌ی میزان فعالیت بدنی و فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند. در مرحله بعد، متغیرهای بدنی مانند قد، وزن و چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در آخرین مرحله، پیش از اجرای پروتکل‌ها، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با انجام حرکات نرمشی، کششی و دوی نرم، به گرم کردن پرداختند. سپس آزمودنی‌های گروه الف، پروتکل وابسته به زمان کوپپر و همکاران (۱۲)؛ و آزمودنی‌های گروه ب، پروتکل وابسته به مسافت گیسل و همکاران (۱۳) را با فاصله زمانی ۷۲ ساعت تکرار کردند. همه آزمون‌ها در ساعت ۱۰ صبح به صورت غیر ناشتا (صبحانه ساعت ۷ تا ۷:۳۰ صبح) انجام گرفت. درجه حرارت محیط آزمایشگاه فیزیولوژی ورزش بین ۲۰ تا ۲۵ درجه و رطوبت هوا بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود.

### روش جمع‌آوری داده‌ها

#### روش اجرای پروتکل وابسته به زمان

برای اجرای پروتکل نوارگردان وابسته به زمان کوپپر و همکاران آزمودنی به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت روی نوارگردان Sport ART مدل 6150E مرحله گرم کردن را

انجام داد. سپس آزمون اصلی با سرعت اولیه ۱۰ کیلومتر بر ساعت آغاز شد. در طول اجرای پروتکل تمرینی در هر ۳۰ ثانیه، ۰/۵ کیلومتر بر ساعت، بر سرعت نوارگردان افزوده می‌شد. با توجه به میزان آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، افزایش فشار کار تا آنجا ادامه می‌یافت که آزمودنی قادر نبود بار کار را حفظ کند و به حالت واماندگی ارادی می‌رسید و با تشخیص محقق یا اظهار خود آزمودنی، پروتکل متوقف می‌شد. در مدت انجام آزمون ضربان قلب به طور مداوم لحظه به لحظه توسط ضربان سنج پولار ثبت می‌شد. به این نحو که با افزایش سرعت نوارگردان، ضربان قلب آزمودنی‌ها تغییر می‌یافت. در انتها، برنامه سرد کردن به مدت ۵ دقیقه اجرا شد (۱۳).

#### روش اجرای پروتکل وابسته به مسافت

برای اجرای پروتکل وابسته به مسافت گیسل و هافمن، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت روی نوارگردان Sport ART مدل 6150E مرحله گرم کردن را انجام دادند. سپس آزمون با تعیین شیب ثابت ۵ درصد و سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت شروع شد و به ازای طی هر ۲۰۰ متر ۰/۵ کیلومتر بر ساعت، بر سرعت نوارگردان افزوده شد. افزایش فشار کار تا آنجا ادامه می‌یافت که آزمودنی قادر نبود بار کار را حفظ کند و به حالت بازماندگی ارادی می‌رسید و با تشخیص محقق یا اظهار خود آزمودنی، پروتکل متوقف می‌شد. در مدت انجام آزمون ضربان قلب به طور مداوم لحظه به لحظه توسط ضربان سنج پولار ثبت می‌شد (۱۳).

#### روش محاسبه نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP)

در طول اجرای هر یک از پروتکل‌های تمرینی، منحنی عملکرد ضربان قلب، با استفاده از داده‌های مربوط به ضربان قلب در واحد زمان ترسیم شد. برای این کار از دستگاه تله متری الکترونیکی سانتو مدل M300J با توجه به ثبت لحظه به لحظه ضربان قلب آزمودنی‌ها استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری طراحی شده مبتنی بر مدل بیشترین فاصله و شیب خط موازی، منحنی تابع چند جمله‌ای درجه سوم ترسیم و آنگاه HRDP تعیین شد (۱۴). برای تعیین HRDP با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، از منحنی V-Slope (RER) به عنوان روش مبنا بهره‌گیری شد.

#### روش برآورد توان هوازی بیشینه

برای اندازه‌گیری توان هوازی بیشینه، در طول اجرای پروتکل‌های تمرینی،  $\dot{V}O_2\max$  آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (مدل PowerCup-ergo) ساخت کشور آلمان برآورد شد. در طول اجرای آزمون GXT تا مرز خستگی و واماندگی ارادی، میزان  $\dot{V}O_2$  آخرین مرحله آزمون، به عنوان  $\dot{V}O_2\max$  در نظر گرفته شد (۱۵). در این آزمون، مرحله اول با شیب صفر درصد و سرعت گام ۲/۷ کیلومتر بر ساعت شروع می‌شد. در مرحله دوم،

شیب به میزان ۵ درصد افزایش می‌یافت. سرعت در دقایق بعدی، به ازای هر سه دقیقه ۱/۳ کیلومتر بر ساعت افزایش می‌یافت. از مرحله سوم، به ازای هر سه دقیقه، شیب نوارگردان به میزان ۲ درصد افزایش می‌یافت (۱۲).

### روش سنجش عوامل ترکیب بدنی

ضخامت چربی زیر پوستی آزمودنی‌ها با استفاده از چربی‌سنج هارپندن و معادله سه نقطه‌ای جکسون-پولاک برآورد شد. برای محاسبه‌ی شاخص توده‌ی بدن آزمودنی‌ها وزن آزمودنی‌ها تقسیم بر مربع قد (متر) آنها شد و برای اندازه‌گیری قد و وزن از دستگاه قد و وزن‌سنج استاندارد استفاده شد. برای محاسبه‌ی وزن بدون چربی، درصد چربی بدن در کل وزن بدن ضرب شد و وزن چربی به‌دست آمد. برای محاسبه‌ی وزن بدون چربی (LBM)، وزن چربی بدن از وزن کل بدن کسر شد (۱۶).

### روش آماری

برای ارزیابی همگرایی بین پروتکل‌های وابسته به زمان و وابسته به مسافت با روش مینا، از دو آزمون آماری با توان بالا استفاده شد. در این راستا، از مدل گرافیکی بلاند-آلتمن (۱۷) و روش آماری Intraclass Correlation (ICC) (۱۸) استفاده شد. معنی‌داری بین متغیرها در سطح  $P \leq 0.05$  مورد توجه قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نرم افزار SPSS 16 مورد استفاده قرار گرفت.

### نتایج تحقیق

نتایج اولیه مربوط به متغیرهای بدنی و فیزیولوژیکی با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف حاکی از همگنی و عدم اختلاف معنی‌دار در بین دو گروه بود. خلاصه مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌های گروه الف و ب در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌های پژوهش

متغیر	گروه الف (پروتکل وابسته به زمان)	گروه ب (پروتکل وابسته به مسافت)
سن (سال)	۱۹±۱/۰۲	۲۰±۱/۱۵
قد (سانتی متر)	۱۶۳/۱۱±۷/۱۴	۱۶۲/۸۰±۷/۹۱
وزن (کیلوگرم)	۵۷/۰۰±۷/۷۴	۵۷/۳۰±۱۲/۱۴
ضربان قلب استراحت (ضربه در دقیقه)	۷۱/۷۷±۶/۱۶	۷۳/۲۰±۴/۷۷
حداکثر اکسیژن	۳۲/۸۹±۱/۱۴	۳۳/۲۱±۱/۳۵
مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۱۲/۲۸±۲/۲۹	۱۱/۹۳±۲/۹۹
چربی (/.)		

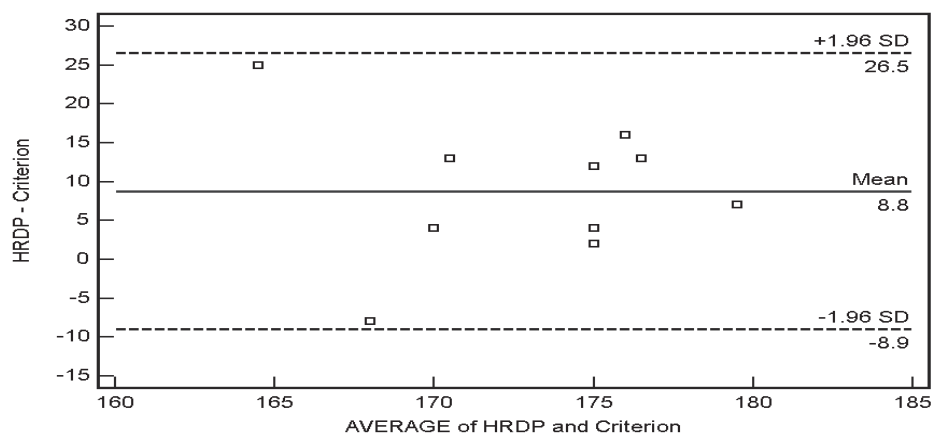
همچنین میانگین و انحراف معیار مقادیر بیشینه داده‌های مربوط به متغیرهای تهویه ای و قلبی-عروقی ( $V_{O_2}$ ,  $V_{CO_2}$ , RER، ضربان قلب، زمان و مرحله بازماندگی) آزمودنی‌های دو گروه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. مقادیر بیشینه در آزمون GXT برای متغیرهای تهویه ای و فیزیولوژیکی

Phase ex <sup>۴</sup> (عدد)	TT ex <sup>۵</sup> (دقیقه)	HR <sup>۶</sup> (ضربه بر دقیقه)	RER <sup>*</sup> (%)	V <sub>O<sub>2</sub></sub> <sup>‡</sup> (لیتر بر دقیقه)	V <sub>CO<sub>2</sub></sub> <sup>‡</sup> (لیتر بر دقیقه)	میانگین ± انحراف معیار
۴ ± ۱/۱۵	± ۰/۰۵ ۳:۲۵	۱۷۶/۵۰ ± ۷/۳۵	۱/۲۸ ± ۰/۰۴	۱/۶۲ ± ۰/۴۰	۲/۰۸ ± ۰/۵۳	پروتکل وابسته به زمان
۳/۶ ± ۰/۴۸	± ۰/۰۳ ۴:۱۶	۱۷۸/۲۲ ± ۱۲/۴۵	۱/۳۳ ± ۰/۰۳	۱/۶۳ ± ۰/۲۸	۲/۱۶ ± ۰/۳۶	پروتکل وابسته به مسافت

†. حجم دی اکسید کربن بازدمی ‡. حجم اکسیژن دمی \*. نسبت تبادل تنفسی (نسبت  $V_{CO_2}/V_{O_2}$ ) ④. ضربان قلب ⑤. زمان واماندگی ⑥. مرحله واماندگی

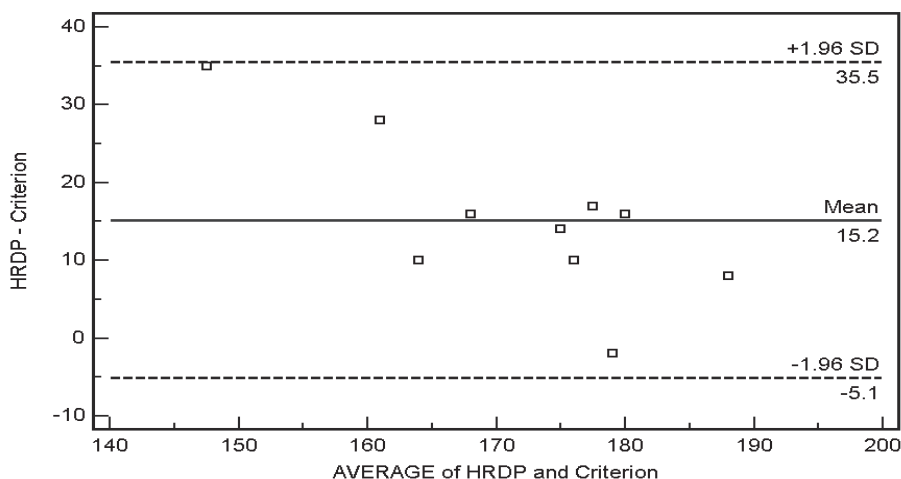
نتایج حاکی از آن بود که پروتکل وابسته به زمان با روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی به عنوان روش مبنا همگرایی ندارد (نمودار ۱). این واقعیت از طریق آزمون همگرایی گرافیکی بلاند-آلتمن ( $95\% \text{ CI} = -8.9 \text{ to } +26.5 \text{ b/min}$ ;  $\pm 1.96$ ) و همچنین به واسطه آزمون آماری ارزیابی همبستگی درونی (Intraclass Correlation) که آزمون آماری با توان بسیار بالا نسبت به ضرایب همبستگی پیرسون است (۱۸)، نمود پیدا کرده است. به عبارت دیگر، مقادیر همبستگی درونی حاکی از عدم همگرایی پروتکل وابسته به زمان با روش مبنا است ( $ICC = -0.0191$ ).



نمودار ۱. همگرایی بین HRDP تعیین شده در با استفاده از روش مبنا و پروتکل وابسته به زمان



یافته‌ها همگرایی متوسط به پایینی را بین پروتکل وابسته به مسافت و روش مبنا نشان داد (به این معنی که در تعیین HRDP، پروتکل وابسته به مسافت با روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی به عنوان روش مبنا همگرایی نسبی پایینی دارد (نمودار ۲). چرا که دامنه تغییرات ضربان HRDP محدوده بزرگی از مقادیر ضربان قلب ۵/۱- تا ۳۵/۵ را در دامنه  $\pm 1/96$  انحراف معیار به خود اختصاص می‌دهد که نمایانگر عدم همگرایی بالاست (ICC= 0.4002).



نمودار ۲. همگرایی بین HRDP تعیین شده در با استفاده از روش مبنا و پروتکل وابسته به مسافت

## بحث

منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC)، رابطه‌ی غیرخطی با بار کاری داشته و این پدیده برای تعیین نقطه‌ی شکست ضربان قلب که به آستانه‌ی لاکتات مرتبط است، استفاده می‌شود (۱۹). برخی نویسندگان ارزش بالای استفاده از این روش را در شرایط مختلف ورزشی نشان داده‌اند، در حالی که این روش توسط نویسندگان دیگر مورد انتقاد قرار گرفته است (۴، ۷، ۹، ۱۰). پروتکل‌هایی که متناسب با سطح آمادگی افراد و مبتنی بر برنامه‌های دقیق کامپیوتری طراحی می‌شود، در تعیین نقطه‌ی شکست نتایج قابل اعتمادی را بدست می‌دهند (۹). نتایج این پژوهش نیز نشان داد پروتکل وابسته به زمان و وابسته به مسافت با روش مبنا همگرایی بالایی ندارند. به عبارتی، این پروتکل‌ها در تعیین HRDP قدرت برآوردی بالایی ندارند و از این رو، نمی‌توان از آنها به عنوان پروتکل معتبر در تعیین HRDP استفاده کرد.

قابلیت HRDP برای سنجش آستانه‌ی بی‌هوازی به دلیل وجود نتایج مختلف در پیشینه‌ی تحقیق هنوز کاملاً روشن نیست. در این راستا، میکالیک و همکارانش (۲۰۱۱) در مطالعه‌ی خود نشان دادند که رابطه‌ی قوی بین ضربان قلب در HRDP و VT وجود دارد (۵). به همین ترتیب، در تحقیق فابره و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) تفاوت معنی‌داری در HR و  $VO_2$  در شدت‌های مطابق با HRDP و  $VT_2$  در طول آزمون اسکی صحرا نوردی مشاهده نشد (۲۰). از طرف دیگر، گریزی و همکارانش (۲۰۰۸) در مطالعه‌ی خود نشان دادند ارتباط بین مقادیر بار کار در نقطه‌ی شکست  $VO_2$  و در HRDP معنی‌دار است. آنها همچنین نشان دادند  $VO_{2def}$  با HRDP و VT همگرایی دارد. این همگرایی نشان می‌دهد که تعیین ارتباط بین ضربان قلب- بار کار و HRDP یک وسیله‌ی غیرتهاجمی کاربردی برای تعیین آستانه‌ی بی‌هوازی است (۶).

در مطالعه‌ی دبری و کومار (۲۰۰۵) نیز نشان داده شده است که بین میانگین  $VO_2$ ، VT و نسبت تغییرات تنفسی (RER) در VT و HRDP تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در نهایت این محققان نشان دادند که نقطه‌ی شکست ضربان قلب، در اغلب آزمودنی‌ها، پیش‌گویی کننده‌ی دقیق از VT است (۷). اردوگان و همکارانش<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) در مقایسه‌ی چهار شاخص غیرتهاجمی متعارف با یک شاخص تهاجمی برای تعیین آستانه‌ی بی‌هوازی (AT) در ۲۲ مرد جوان پاروزن نشان دادند شاخص‌های غیرتهاجمی با شاخص تهاجمی همگرایی بالایی دارد و از این‌رو، می‌توان از این روش‌های غیرتهاجمی برای تخمین AT در طول استفاده از ارگومتر قایقرانی استفاده نمود. همچنین این محققان نشان دادند در بین قایقرانان جوان، روش کانکانی مبنی بر سنجش HRDP، مناسب‌ترین راه برآورد AT است (۱۰).

از سوی دیگر، بورگویز و همکارانش (۲۰۰۴) در کار تحقیقی خود نشان دادند که روش اصلاح شده‌ی کانکانی، مدل مناسب و قابل اعتمادی برای برآورد آستانه‌ی بی‌هوازی نیست و حداقل نمی‌توان از این روش برای ارزیابی اجزای استقامتی و تفسیر شدت تمرینات دوچرخه‌سواران استفاده کرد (۸) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. چلیک و همکارانش (۲۰۰۵) نیز نشان دادند شرایط هیپوکسی بر ارتباط بین ضربان قلب و بار کاری به روی دوچرخه‌ی کارسنج تاثیر معنی‌داری ندارد. بنا به یافته‌های این محققان در همه‌ی آزمودنی‌ها HRDP مشاهده نمی‌شود. از طرف دیگر، در آزمودنی‌هایی که HRDP مشاهده شده است، آستانه‌ی بی‌هوازی بالاتر از مقادیر واقعی برآورد شده است. از این‌رو، نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) نمی‌تواند به عنوان برآوردکننده‌ی دقیقی از آستانه‌ی بی‌هوازی باشد (۹). به همین ترتیب،

1. Fabre et al.

2. Erdogan et al.

توکماکیدیس و لگر، همبستگی پایینی بین RS در HRDP و RS در LT مشاهده کردند. سرعت دویدن در HRDP و مقادیر HR در نقطه‌ی شکست لاکتات به‌طور میانگین  $13/4\%$  بالاتر برآورد شد (۲۱).

مرور ادبیات حاکی از آن است که برای تعیین HRDP و AT از پروتکل‌های مختلفی استفاده شده است. با توجه به ادبیات کار به راحتی می‌توان پی برد که علت تناقض در اعتبار HRDP، به دقت روشی که برای محاسبه‌ی HRDP به کار گرفته شده است، بستگی دارد. به عبارت دیگر، تفاوت‌هایی که در میان پروتکل‌های مورد استفاده برای سنجش آستانه‌ی بی‌هوازی به ویژه LT وجود دارد، می‌تواند عامل اثرگذار در این زمینه باشد (۴). برای مثال، میکالیک و همکارانش از آزمون تمرینی پاروژنی (۵)، دبری و کومار از آزمون تمرینی تردمیل (۷)، بورگویز و همکارانش از آزمون اصلاح شده‌ی کانکانی (۸)، چلیک و همکارانش از دوچرخه‌ی کارسنج (۹)، گریزی و همکارانش از دوچرخه‌ی ارگومتر (۶) و توکماکیدیس و لگر<sup>۱</sup> از پروتکل چند مرحله‌ای کانکانی (۲۱) استفاده کردند.

در پروتکل‌های با زمان ثابت، در یک فاصله‌ی زمانی معین و مشخص، بار کار افزایش می‌یابد. با این حال، در پروتکل‌های با مسافت ثابت، افزایش شدت کار معمولاً (سرعت) پس از طی کردن مسافت معین صورت می‌گیرد (۴). در پروتکل‌هایی که افزایش در سرعت مبتنی بر گام‌های سریع (مسافت ثابت) است، در مقایسه با پروتکل‌هایی که براساس افزایش یکنواخت سرعت طراحی شده‌اند، همگام با افزایش شدت تمرین، ضربان قلب به آسانی افزایش می‌یابد. زیرا افزایش تدریجی شدت کار می‌تواند موجبات پاسخ سیستم قلبی-عروقی فراهم آورد و از درگیر شدن مکانیزم‌های بی‌هوازی جلوگیری نماید. در پروتکل‌های مسافت ثابت، به دلیل کوتاه شدن مراحل در هر مرحله، انباشتگی لاکتات خون کاهش می‌یابد که خود موجب کاهش خستگی ماهیچه و ادامه‌ی افزایش سرعت آزمودنی می‌شود (۲۲). این موضوع می‌تواند بالاتر بودن مدت اجرای پروتکل وابسته به مسافت در مقایسه با پروتکل وابسته به زمان را توجیه نماید.

گرچه مکانیزم‌های فیزیولوژیکی دقیق که HRDP را ایجاد می‌کند به طور کامل شناخته نشده‌اند، ولی به نظر می‌رسد منحنی عملکرد ضربان قلب تابع بار کاری پروتکل‌های وابسته به زمان و وابسته به مسافت است. به عبارت دیگر، با توجه به این که در پروتکل‌های با مسافت ثابت، مسافت هر مرحله ثابت است، هر گونه افزایشی در شدت کار یا تمرین تنها باید با افزایش سرعت انجام شود. این کار به طور مؤثر، مدت هر مرحله را به ویژه در مراحل پایانی آزمون، کاهش می‌دهد. فاصله‌ی زمانی بین هر مرحله به تدریج کاهش می‌یابد به طوری که سیستم

گردش خون نمی‌تواند خود را با افزایش بار کار هماهنگ و سازگار نماید. از نظر بدنی این موضوع باعث می‌شود تا پاسخ ضربان قلب به افزایش بار کار هماهنگ نباشد و از خط راست منحرف شود. این کاهش در ادامه مراحل آزمون همراه با پاسخ غیر مؤثر و غیر کارآمد دستگاه قلب و تنفس نشان دهنده‌ی آن است که تغییر در ماهیت پروتکل تمرینی، موجب تغییر در پاسخ ضربان قلب شده و در نتیجه انحراف HRPC تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در عین حال، در پروتکل‌های زمان ثابت، HRDP می‌تواند هم‌زمان با حجم ضربه‌ای بیشینه‌ی قلب ( $SV_{max}$ ) رخ بدهد. این موضوع حاکی از آن است که HRDP زمانی رخ می‌دهد که حجم ضربه‌ای قلب در بالاترین مقادیر خود قرار داشته و قلب با بالاترین بازده توانی و لذا در بهترین شرایط خود کار کرده است و پاسخ‌های قلبی - تنفسی نسبت به افزایش شدت کار در طول ۱۰ تا ۲۰ ثانیه اتفاق می‌افتد (۲۰).

نظر به این که در هر دو پروتکل وابسته به زمان و وابسته به مسافت بدون توجه به سطح آمادگی بدنی افراد به ویژه افراد بدون تمرین از همان مراحل اولیه، بار کاری بالایی به آزمودنی اعمال می‌شود، این عامل می‌تواند عدم همگرایی با روش مبنا را توجیه نماید. به عبارت دیگر، افرادی که آمادگی کمتری دارند، ممکن است در مرحله اول پروتکل بیش از حد خسته شوند و قبل از موقع مقرر آزمون را رها کنند (۲۳).

به طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در تعیین HRDP، پروتکل‌های وابسته به مسافت و وابسته به زمان فاقد همگرایی لازم با روش مبنا می‌باشند. هرچند پروتکل وابسته به مسافت نسبت به پروتکل وابسته به زمان، با روش مبنا همگرایی بالاتری دارد. با این حال، برای تعیین HRDP با استفاده از این پروتکل باید تردید نمود. به عبارت دیگر، استفاده از پروتکل‌های وابسته به زمان کوپیر و همکاران و وابسته به مسافت گیسل و هافمن برای تعیین HRDP و برآورد آستانه بی‌هوای در دختران جوان غیرفعال توصیه نمی‌شود. به نظر می‌رسد اجرای تحقیقات در آینده در این زمینه برای تعیین دقیق HRDP و طراحی پروتکل‌های متناسب با وضعیت و شرایط بدنی آزمودنی‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر است.

### منابع:

1. Folke M. (2008). Estimation of the lactate threshold using an electro acoustic sensor system analyzing the respiratory air. *Med Biol Eng Comput* 46:939-942.
2. Asokkumar G. (2004). Anaerobic threshold: Its concept and role in endurance sport. *Malaysian J Med Sci* 11: 24-36.

3. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, et al. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 17: 48 – 52.
4. Bonder ME, Rhods EC. (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med* 30: 31-46.
5. Mikulic P, Vucetic V, Sentija D. (2011). Strong Relationship between heart rate deflection Point and Ventilatory Threshold in Trained Rowers. *J Strength Cond Res* 25: 360-366.
6. Grazi G, Casoni I, Mazzoni G, Uliari S, Conconi F. (2005). Protocol for the Conconi test and determination of the heart rate deflection point. *Physiol Refs* 54: 473-475.
7. Debray P, Swapan S. (2007). A comparison of the point of deflection from linearity of heart rate and the ventilatory threshold in the determination of the anaerobic threshold in Indian boys. *J Physiol Anthropol* 26: 31-37.
8. Bourgois J, Coorevits P, Danneels L, Witvrouw E, Cambier D, Vrijens J. (2004). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling. *J Strength Cond Res* 18:498-503.
9. Çelik Ö, Kosar SN, Korkusuz F, Bozhurt M. (2005). Reliability and validity of the modified Conconi test on concept II rowing ergometers. *J Strength Cond Res* 19: 60-66.
10. Erdogan A, Cetin C, Karatosun H, Baydar ML. (2010). Non-invasive indices for the estimation of the anaerobic threshold of oarsmen. *J Int Med Res* 38: 901-15.
11. Fell JW. (2008). The modified D-max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists. *J Sci Med Sport* 11: 460-463.
12. Gaisl G, Hofmann P. (1990). Heart rate determination of anaerobic threshold in children. *Pediatr Exerc Sci*. 2: 29-36.
13. Kuipers H, Keizer HA, de Vries T, et al. (1998). Comparison of heart rate as a non-invasive determination of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *Eur J Appl Physiol*. 58; 303-6.
14. Siahkoughian M. (2007). A new mathematical model for determination of heart rate deflection point. *Int J Fitness* 3: 16-22.
15. Hofmann P, Von Duvillard SP, Seibert FJ, et al. (2001). % HRmax target heart rate is dependent on heart rate performance curve deflection. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1726-31.
16. Siahkoughian M, Hedayatnejad M. (2010). Correlations of anthropometric and body composition variables with the performance of young elite weightlifters. *J human Kinetics* 25: 125-131.
17. Bland JM, Altman DG. (1999). Measuring agreement in method comparison

- studies. *Stat Methods Med Res* 8:135-160.
18. Portney LG, Watkins MP. (2000). Foundations of clinical research Applications to practice. Prentice Hall Inc. New Jersey ISBN 0-8385-2695-0 p 560-567.
  19. Hofmann P, Wonisch M, Pokan R, et al. (2005). Beta1-adrenoceptor mediated origin of the heart rate performance curve deflection. *Med Sci Sports Exerc* 37:1704-9.
  20. Fabre N, Balestreri F, Pellegrini B, et al. (2010). The modified Dmax method is reliable to predict the second ventilatory threshold in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res* 24:1546-52.
  21. Tokmakidis SP, Leger LA. (1992). Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate "threshold" points and relationship with performance. *Eur J Appl Physiol* 64: 309-17.
  22. Amann M, Subudhi A, Foster C. (2004). Influence of testing protocol on ventilatory threshold and cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 36: 613– 622.
  23. Folke M. (2008). Estimation of the lactate threshold using an electro acoustic sensor system analysing the respiratory air. *Med Biol Eng Comput* 46:939-942.

ارجاع دهی به روش APA

سیاه کوهیان معرفت، عزیزان شبنم، نقی زاده عباس، (۱۳۹۲)، ارزیابی همگرایی پروتکل های وابسته به زمان و وابسته به مسافت در تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) در بین دختران جوان غیرفعال، فیزیولوژی ورزشی، (۱۷): ۶۰-۴۷.

ارجاع دهی به روش ونکوور

سیاه کوهیان معرفت، عزیزان شبنم، نقی زاده عباس، ارزیابی همگرایی پروتکل های وابسته به زمان و وابسته به مسافت در تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) در بین دختران جوان غیرفعال، فیزیولوژی ورزشی، ۱۳۹۲؛ ۵(۱۷): ۶۰-۴۷.